Reparatur Tektronix FG502

(Bericht vom Leser Peter aus Rottweil erstellt für www.amplifier.cd)

Diesen äußerlich recht gut erhaltenen FG502 habe ich vor einigen Monaten in der Bucht jenseits des Teiches entdeckt.

Der Verkäufer hatte sehr gute Bilder eingestellt. Es sah alles gut aus, Knöpfe dran, Plastikrahmen in Ordnung. Sieht man sonst eher selten.
Die angegebene Diagnose lautete etwa:
“FG502 for spare parts or repair. Whatever I do, no signs of live. There is no output nowhere”

Erster Gedanke ist: ja, ja schauen wir mal nach der Stromversorgung, kann ja nichts großes sein!
Zweiter Gedanke: brauche ich so etwas? Eigentlich nicht denn ich habe ja einen FG504. Diesen brauche ich auch nur äußerst selten!
Dann noch das übliche: würde sich aber gut machen im Regal!
Nun denn, so ergab es sich dass ich einfach 35 $ setzte. (Der Euro war da noch viel wert!).
Danach habe ich überhaupt nicht mehr nach dem FG geschaut während das Angebot aktiv war. Die Überraschung war dann groß als ich plötzlich Käufer war (30,05 $).
Meiner Erfahrung nach werden die FG502 immer recht gut versteigert. So kam dann noch 40 $ Fracht hinzu, Zoll blieb mir diesmal erspart.
Während das Gerät auf dem Weg war, besorgte ich mir bei BAMA das Manual. Die Schematics waren zu entziffern. Dann wurden die wichtigsten Passagen wie Funktionsbeschreibung, Schaltbilder und Bestückungspläne ausgedruckt und vorab studiert was sich die Tek Leute in den 1970ern so ausgedacht hatten.
Kurz schon vorab: Sie müssen etwas mit Dioden gehabt haben, ein wahres Grab !(Aber teilweise genial!)

Als ich dann das FG in den Händen hatte war ich überrasch. Wirklich 1a Zustand. Sah schon fast neu aus, kaum Kratzer usw.

Dann erfolgte der erste Versuch: -Seitenteile offen- FG an Extender / Adapter und..... einschalten.
Es erfolgte: nichts..... keine Kontroll-Lampe, kein Rauch.

Von nun an systematisch weiter.
Spannungen messen, (die Elektronik benötigt zwei symmetrische Spannungen).
+20 V, -20 V und daraus abgleitet +17 V und –17 V.
Gemäß Murphy folgt prompt die erste Enttäuschung:
FEHLER IST NICHT DIE STROMVERSORGUNG.

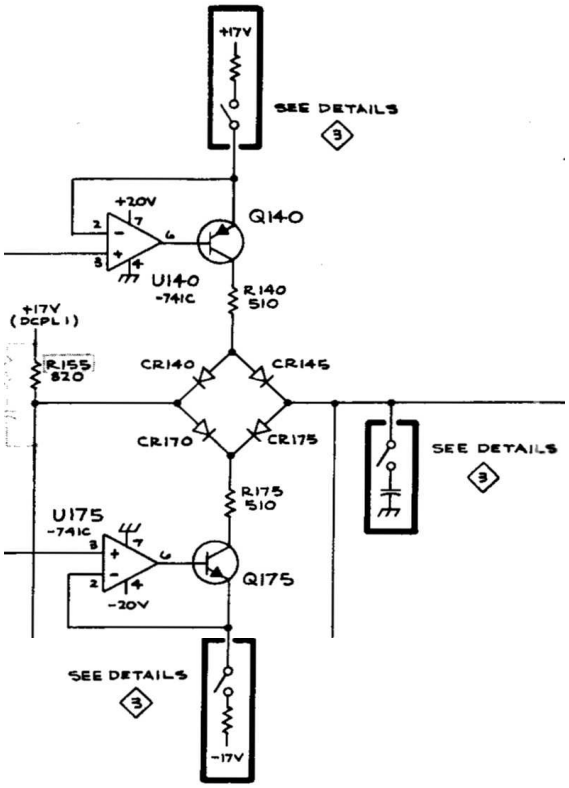
Dort stimmt alles, auch keine Wechselanteile.

Nun wird tiefer eingestiegen. Ein paar Grunderkenntnisse vorab helfen weiter.

Ursignal ist eine Dreieckswellenform. Daraus wird der Sinus abgeleitet.

Das Rechteck wird beim Fg502 erzeugt indem ein Transistor (Q 290) eine Diodenbrücke schaltet. Das ist aber hier zunächst ohne belang.
Eine Dreieckwellenform wird generiert indem ein Kondensator über Konstantstromquellen auf- bzw. entladen wird.

Dies geschieht beim FG502 mit dieser Schaltung.



Q140 ist die positive Stromquelle, Q175 die negative. Beide Transistoren werden über jeweils einen Operationsverstärker angesteuert.

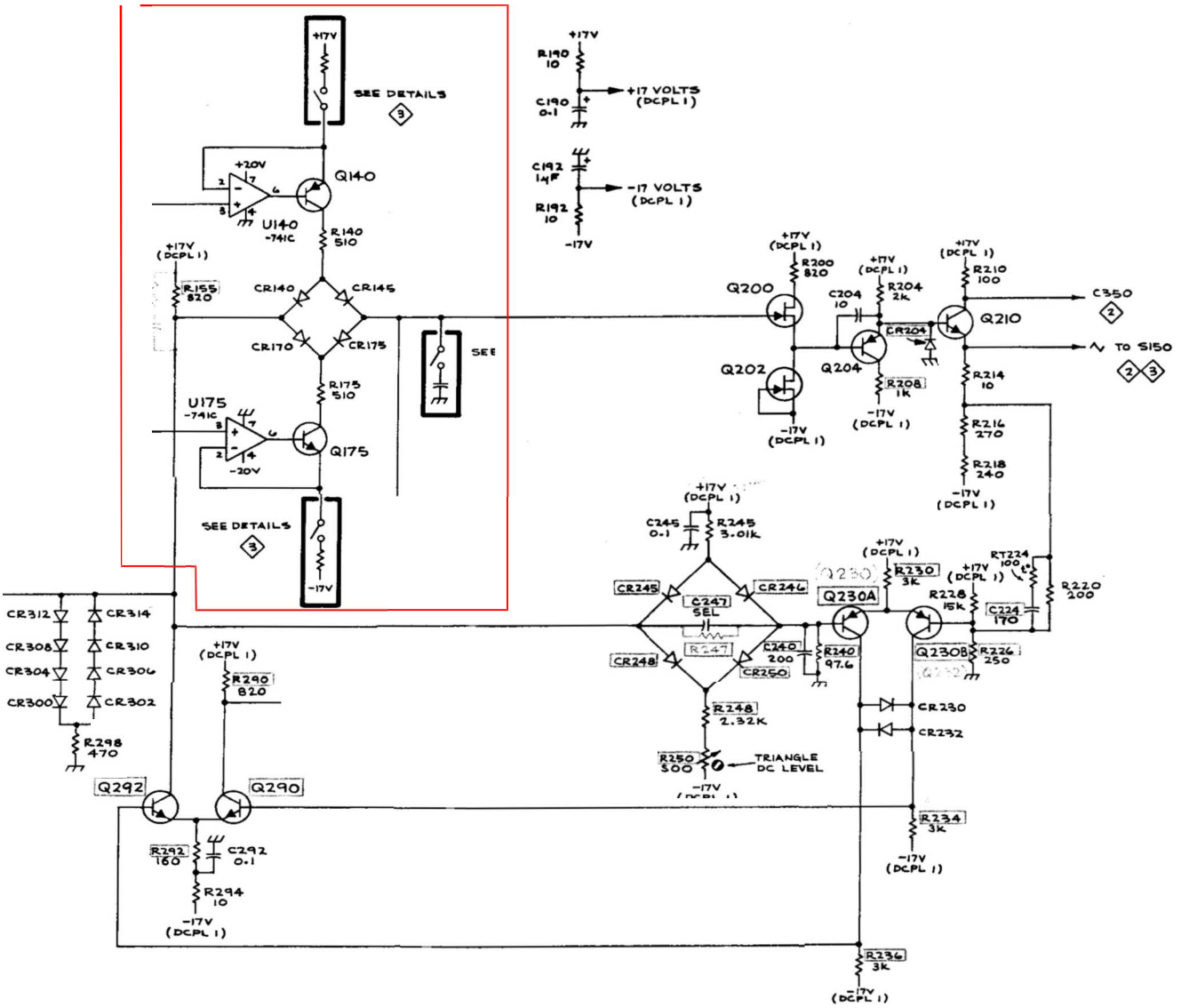
Am + Eingang von U140 liegt eine Spannung zwischen +7 und +17V.
Am + Eingang von U175 entsprechend eine Spannung –7 bis –17V. Diese Spannungen sind genau symmetrisch (Feinabgleich bei der Kalibrierung) und werden durch das „Frequency-Dial“ eingestellt.
Diese Spannungswerte sollte man gegebenenfalls auch prüfen.

Die fett umrahmten Widerstände bzw. Kondensator werden durch den Schalter „Multiplier“ geschaltet.
Gemäß der Beschreibung im Manual werden die Stromquellen über die Diodenbrücke geschaltet. Mit ca. +8V an der Verbindung CR 140 und CR 170 leitet CR170, CR 140 sperrt und der Kondensator wird über Q140 und CR 146 geladen.
Erreichte der positive Pegel am Kondensator einen bestimmten Wert, so wird die oben erwähnte Spannung von +8V auf –8V umgeschaltet. CR140 leitet, CR 170 sperrt und über die negative Stromquelle Q175 und CR 175 wird der Kondensator entladen. Erreicht die negative Spannung am Kondensator einen festgelegten Wert beginnt der Zyklus erneut

So die Beschreibung im Manual. In der Praxis liegen diese Schaltspannungen eher bei +- 4 bis 5V. Es wurde leider noch ein „kleines“ Detail ausgelassen. Dazu später mehr!

Vorteil dieser Schaltung: der Spannungswert am Kondensator ist symmetrisch zu 0 Volt. Dies vereinfacht den Schaltungsaufwand in den weiteren Verstärkerstufen. Es sind keine Pegelumsetzungen erforderlich.

Dreieckgenerator (Triangle generator). Vollständige „Kernschaltung“



Das Rot umrandete Teil wurde zuvor beschrieben.

Das Dreiecksignal wird an die FETs Q200 und Q202 weitergeleitet. Q202 ist als Konstantstromquelle geschaltet Das an der Source von Q200 abgenommene Signal gelangt an einen Gleichstrom Verstärker (Q204 und Q210).

Vom Kollektor Q210 wird das Signal an den Dreieck-Sinus Wandler geleitet (C 350).
Am Emitter Q210 wird das Dreiecksignal zur weiteren Verstärkung abgenommen (to S 150).

Zwischen den Widerständen R214 und R216 im Emitterkreis Q210 wird das Dreiecksignal ebenfalls abgenommen und über einen kompensierten Hochpass an die Basis Q230B gelegt. Q230B und Q230A bilden zusammen mit Q292 einen schnellen Schalter. Diese Schaltung legt fest bei welchen Pegel der Dreieckspannung die Stromquellen umgeschaltet werden, also die zuvor erwähnte Schaltspannung von +8V
nach –8V und umgekehrt schaltet.
Das Schaltbild macht klar, dass es sich hier um eine in sich geschlossene Verstärker Schleife handelt.

Die Fehlehrsuche ist daher nicht ganz einfach, denn wo beginnen?
Spannungsangaben oder Oszillogramme in den Schaltbildern? Totale Fehlanzeige!

Alle aktiven Bauteile sind eingelötet, nur die zwei FETs Q200 und Q202 stecken in einem Sockel.
Ein-Auslöten und prüfen der Transistoren ist undiskutabel. Man erinnere sich an Murphys Gesetze!

Nun weiter: den defekten FG 502 an einen Expander/Adapter. Anschließen. Das Geräteinnere muss ja zugänglich sein. Oszi mit Tastkopf 1:10 und TM5xx einschalten.

Das auffinden der Messpunkte bzw. Bauteile an denen gemessen werden muss, ist mit einem ausgedruckten Lageplan recht einfach.
Zuerst noch die Spannungen + 17V und – 17V DCPL1 prüfen, sind hier OK

Spannung am Eingang Q200 messen: positiv ca. 2 Volt.

Dies kann bedeuten dass:

1. die FETs Q200 oder/und Q202 defekt sind.
2. die positive Stromquelle (Q140) durchgeschaltet ist.

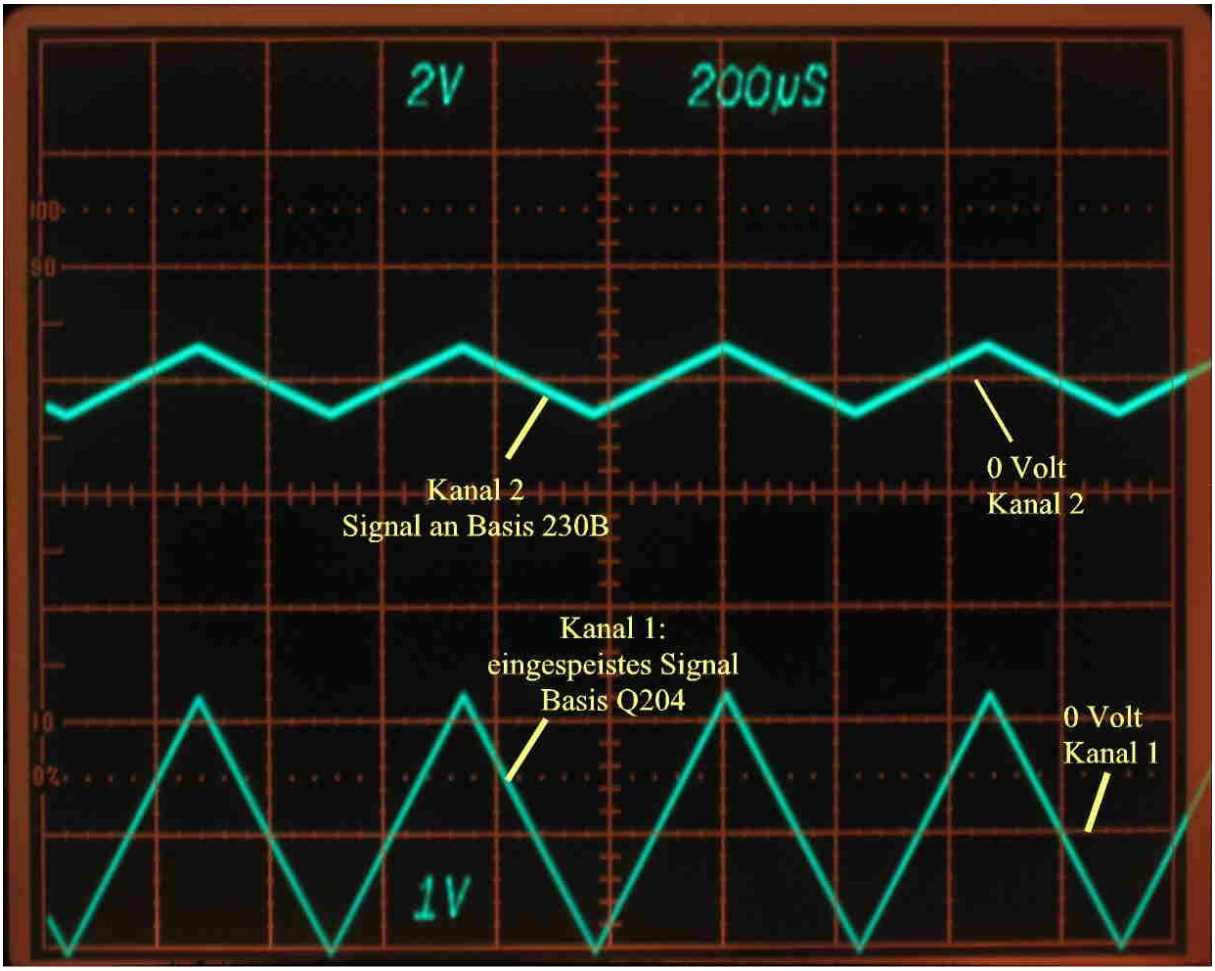
Letzteres wird in meinem Fall bestätigt indem die Spannung an R155 (links der Diodenbrücke) bzw. Kollektor Q292 gemessen wird. Hier messe ich ca. +5,5V.
Frage nun: wie weiter?

Nach einigen Grübeln bin ich auf folgende Idee verfallen:
warum nicht die Schleife öffnen und ein Signal an geeigneter Stelle einspeisen?

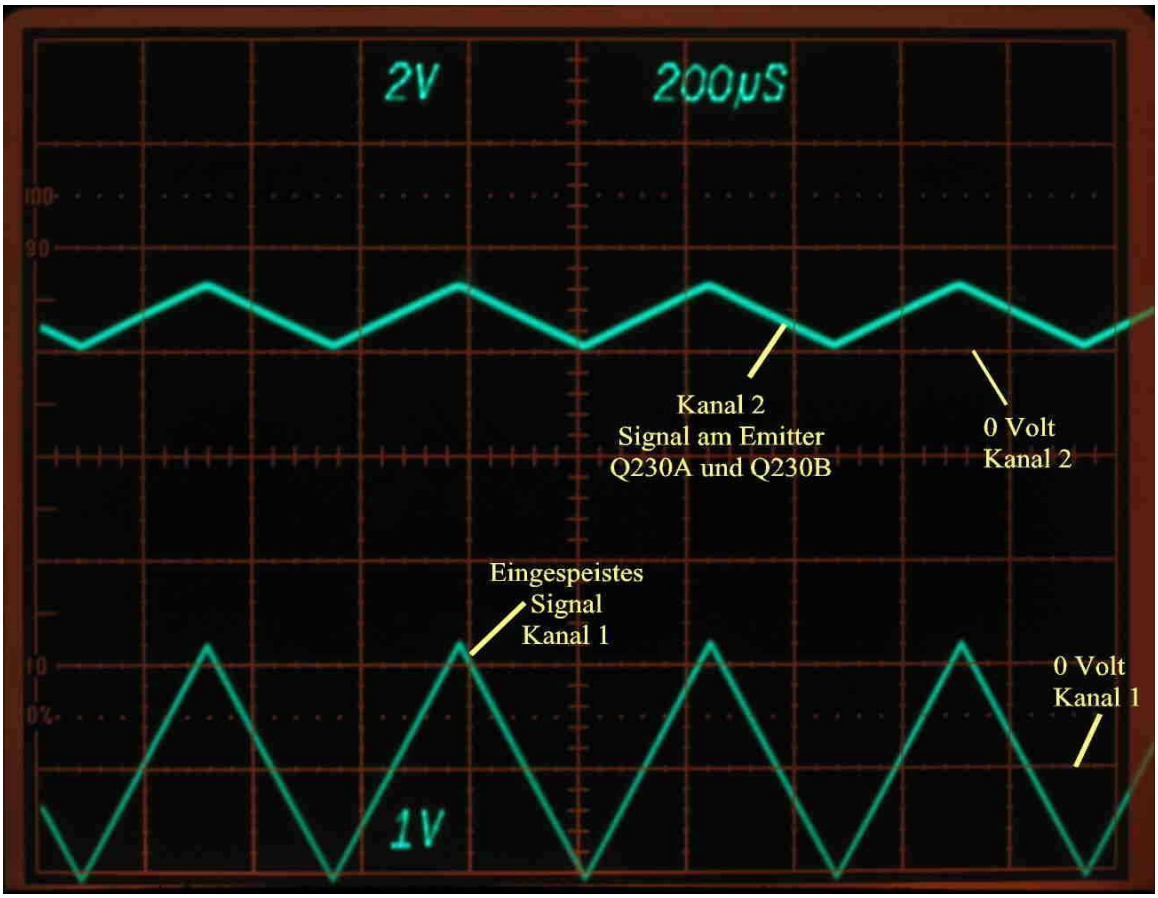
Hilfsmittel: FG503 oder FG504 im Dreieckmodus wäre ideal. **Signalamplitude am Ausgang 1,5 bis 2,5 Volt SS. Nicht höher zunächst; Vorsicht ist geboten**. (Evtl. tut es auch eine Sinuswelle)
Frequenz: einige KHz sind OK.

Die FETs (Q200 und Q202) markieren (es sind selected parts!), entfernen und das vom FG504 bzw. FG503 gelieferte Signal an dem Verbindungspunkt Drain Q 202 und Source Q 200 über einen 1 Kohm Widerstand in den Sockel einspeisen!
In jedem falle sicherstellen, dass das zugeführte Signal kein Gleichspannungsanteil aufweist –also kein offset!-
Signal am Emitter Q210 prüfen. Ist in meinem Fall OK, es hat etwa die Amplitude des eingespeisten Signals.

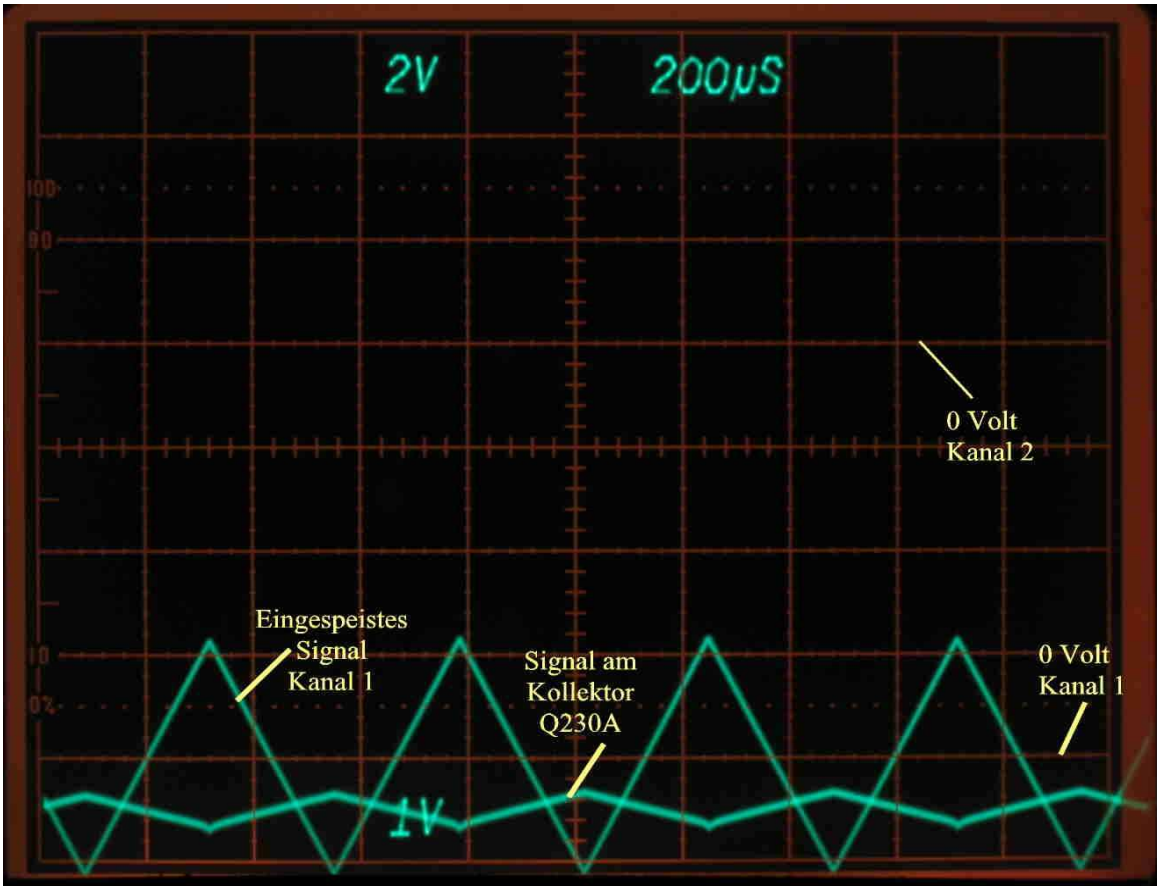
An der Basis von Transistor Q230B ist das von Q210 kommend Signal in etwa gleicher Höhe ebenfalls vorhanden. Soweit ist das i.O.



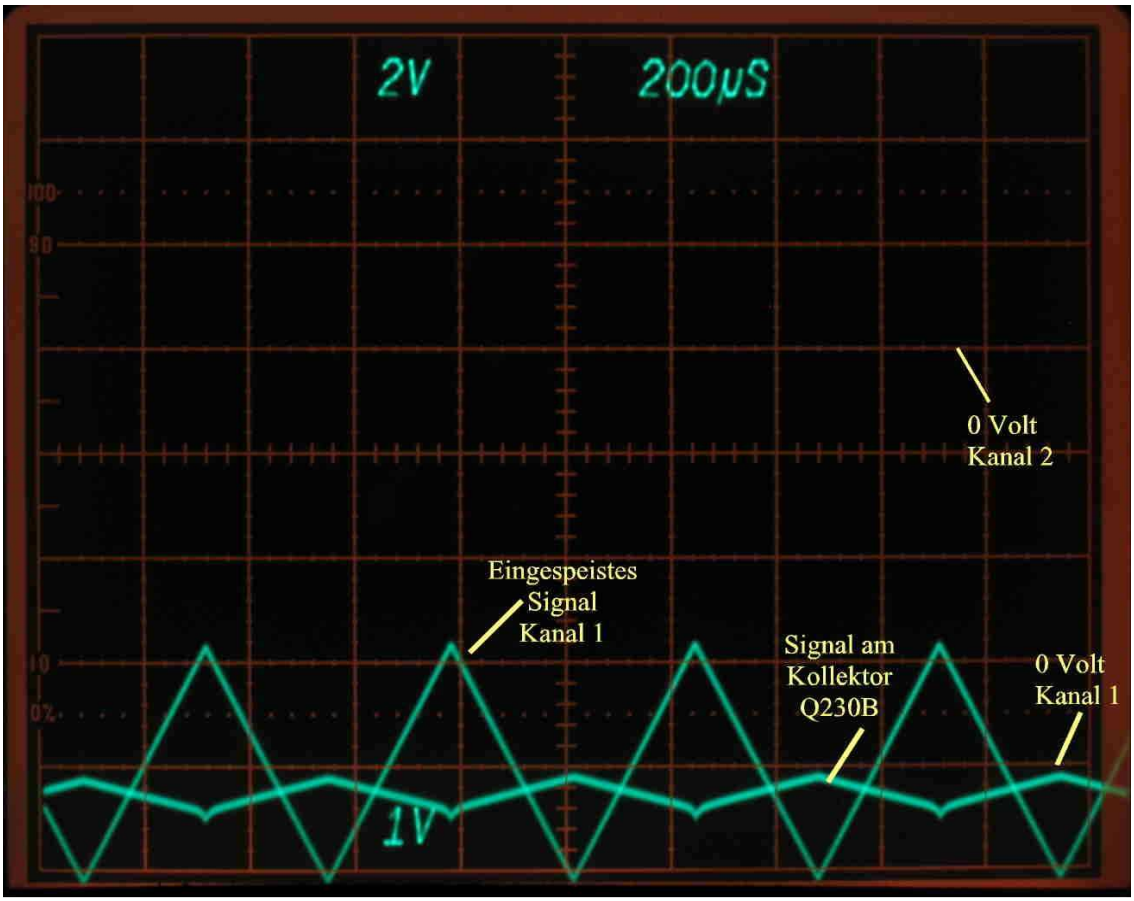
Widmen wir uns dem Signal an den Emittern Q230A und Q230B: Keine Einwände hier.



Nun am Kollektor Q230A:



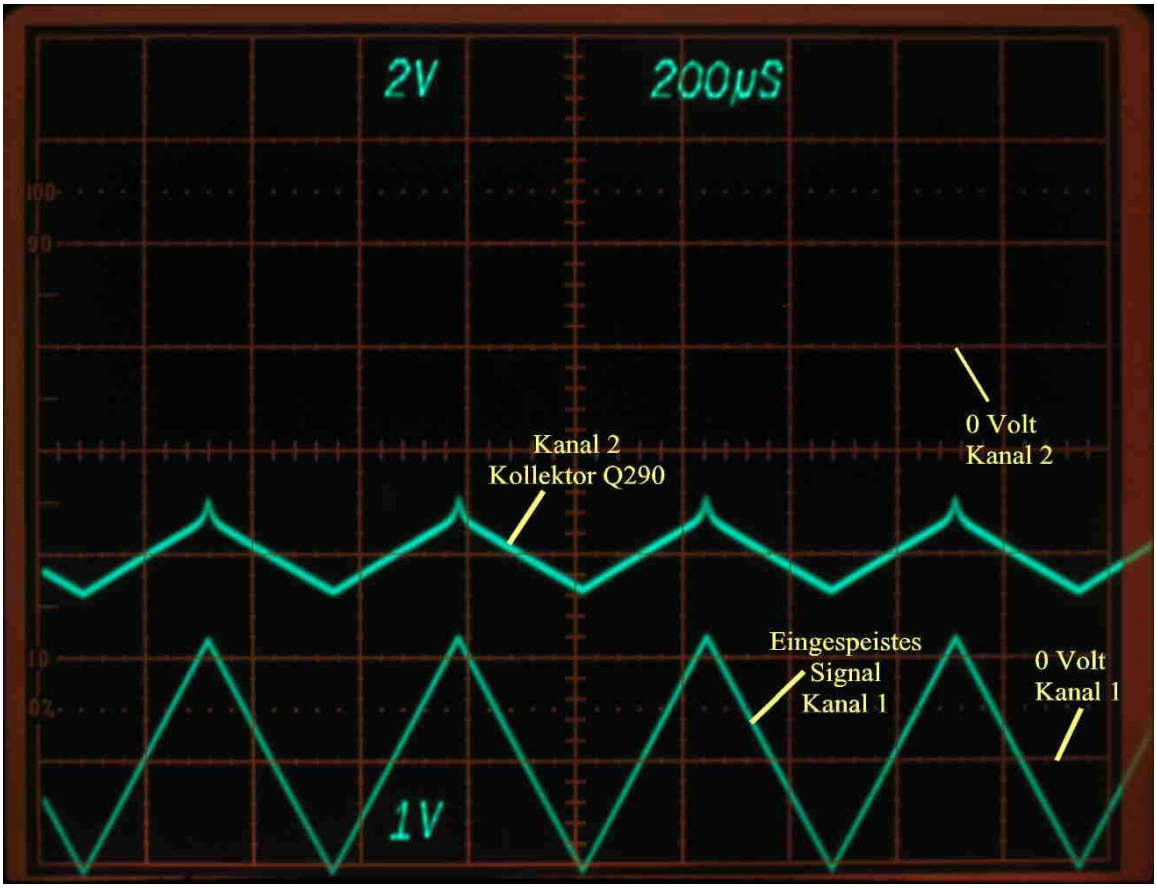
Und sein „Gegenüber“ Q230B:



Die Phasenlage ist i.O. aber sonst?

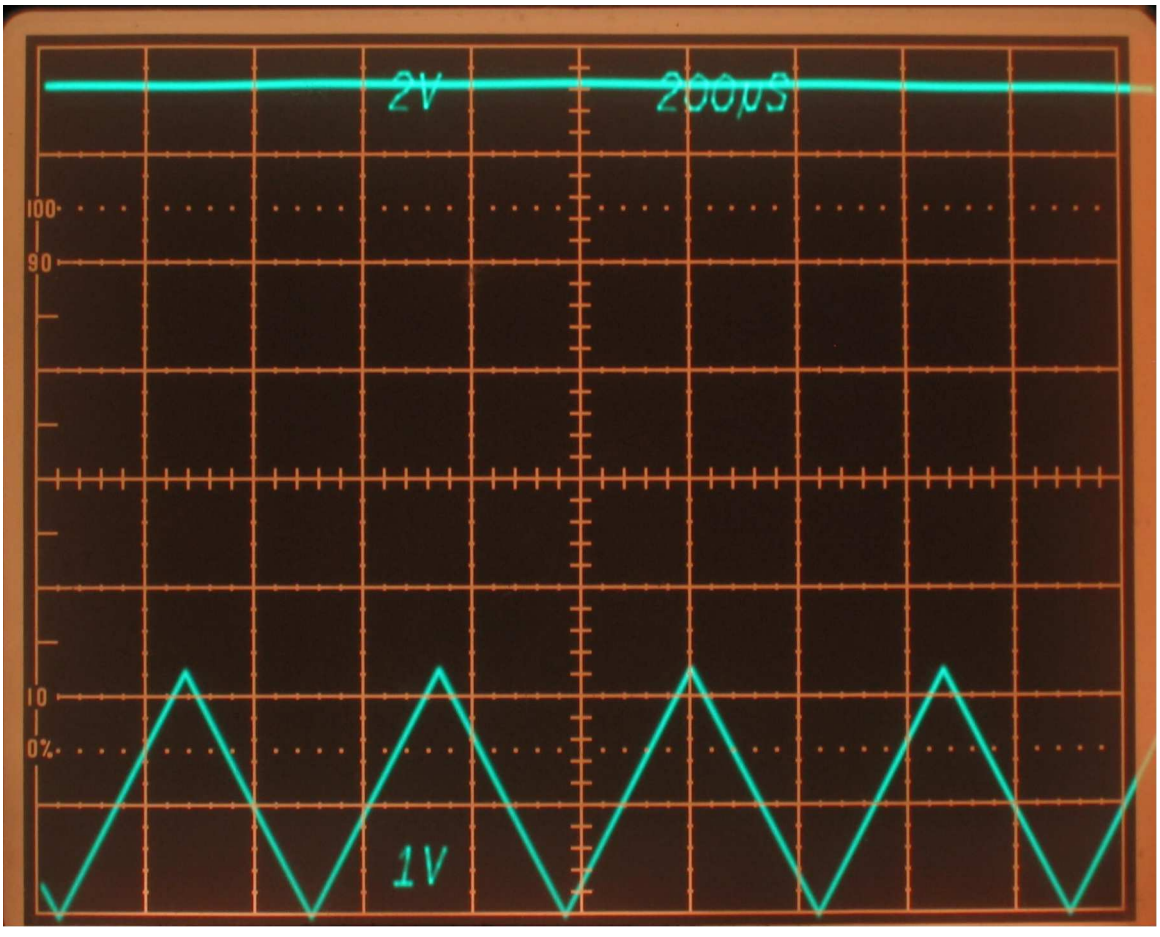
Aus den Signalen an den Kollektoren von Q230 A und B kann ich mir keinen rechten Reim machen. Transistoren werden als soweit O.K. eingestuft, da das an der Basis Q230B und Q230A anliegende Signal an den Kollektoren erscheint. (Irrtum nicht ausgeschlossen).

weiter zu Q290



Q290 wird angesteuert und zeigt zumindest eine Reaktion am Kollektor.

und zu Q292



Diese + 5 Volt hatte ich zuvor schon gemessen.(Siehe weiter oben).

Wie bereits erwähnt sollte laut Beschreibung im Tek manual am Kollektor Q292 ein Signal das zwischen +8V und –8V schaltet erscheinen.
Die Begrenzung auf diese Werte erfolgt durch die Dioden CR300 bis CR312 und CR302 bis CR314 zusammen mit dem Widerstand R298.

FG ausschalten und R298 sowie die Dioden mit dem Ohmmeter durchmessen. Alle Werte im grünen Bereich und es bleibt mir nur noch der Griff zum Lötkolben!

Q292 auslöten und damit an den Transistortestplatz.
Ja, leider defekt!

Nun ist erst einmal guter Rat willkommen. In „Reparaturtipps“ wird vorgeschlagen diese „alten“ Plastik Transistoren durch verfügbare Typen wie BC247 oder ähnliche zu ersetzen.
Ja, wenn das alles so einfach wäre! Sicher mag es hier und da zu Ergebnisseen führen, aber ist das Gerät dann noch was es ursprünglich war?
Eine Suche im Internet ergab, dass dieser Q292 (TEK # 151-0302-00) ein 2n5769 ist. Er ist keinesfalls so einfach zu ersetzen. Die Schalt-sowie Speicher und Ausräumzeiten sind nicht ganz ohne. Das Ding wurde immerhin in den 1960 bis 70ern gebaut.

Die besten in meinem Sortiment sind: 2n2368, 2n2369A, 2n2222A. und etwas älteres wie BSX49

In zwei verschiedenen Cross Ref. Tabellen wird angegeben 2N2369A oder 2n2222A

Bevor der Transistor eingelötet wird messe ich noch den Kollektorwiderstand R155 (820 Ohm).
Dieser weist zu meiner Überraschung 80 Ohm auf, hat also seinen Wert auf 10% reduziert. Keine äußeren Spuren., darum auslöten und durch richtigen Wert ersetzen.

Zunächst wurde ein Transistor Stecksockel anstelle des Q292 eingelötet und den BSX 49 eingesteckt und....
Hurra! Ein Rechteck am Kollektor Q292!

Jetzt die zwei FETs wieder richtig einstecken und den Ausgang des FG über ein Kabel an den Oszi.
Wahlschalter auf: das Symbol Dreieck, „kein Offset“ , „Multiplier“ auf 10^3, „Frequency“ auf etwa 2KHz.
Ausgangssignal ist vorhanden!

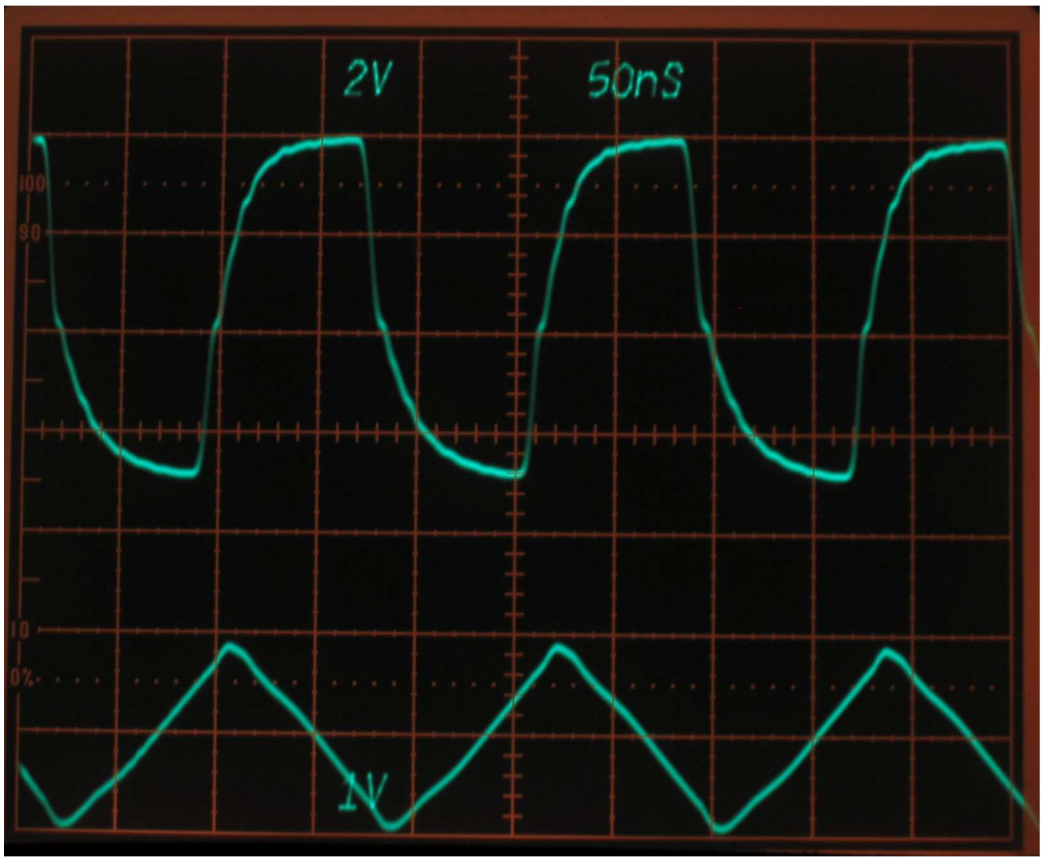
Es gilt nun den am besten geeigneten Transistor zu bestimmen. Hierzu habe ich einem nach dem anderen eingesteckt und das Signal am Kollektor Q292 auf dem Oszi begutachtet.

Frequenz des FG502: 6MHz.

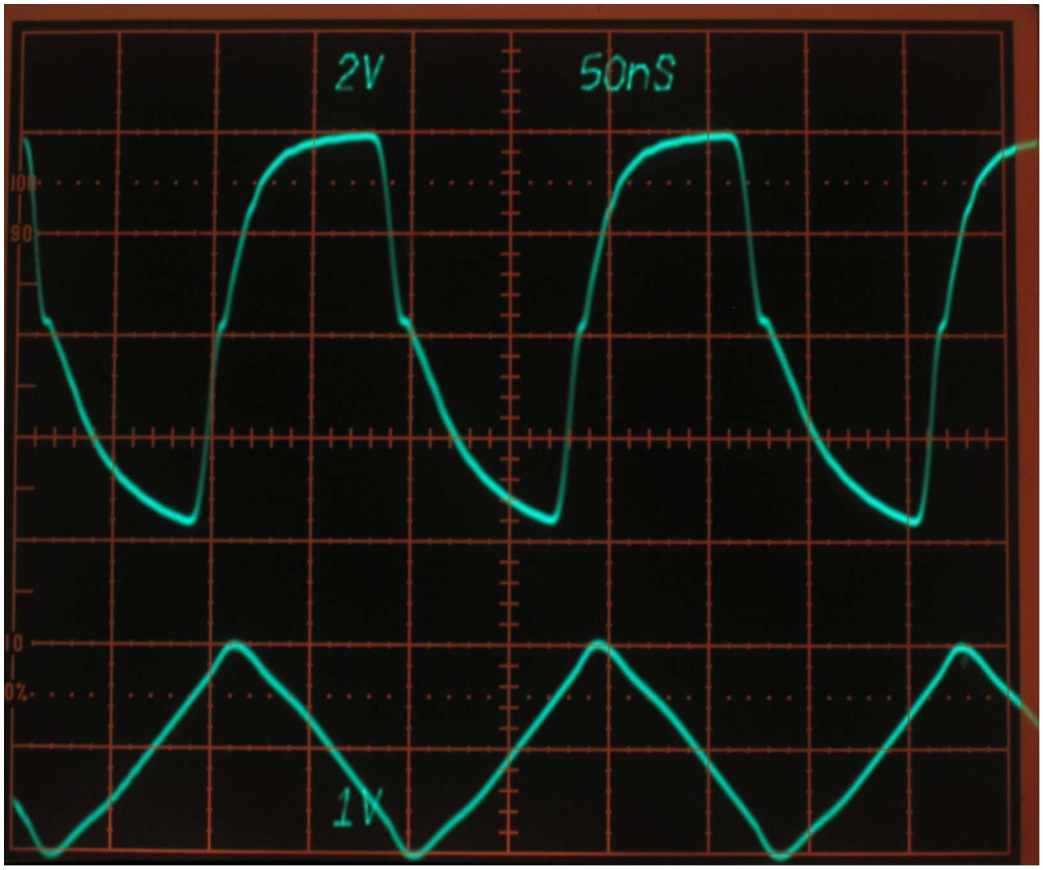
Für jeden eingesetzten Transistor habe ich auch die maximal erreichbare Ausgangsfrequenz gemessen indem das Dial auf 11 (MHz) gestellt wurde, Für den BSX war bei ca.9MHZ ende der Fahnenstange.

Bei allen Aufnahmen ist das zu bewertende Signal oben auf Kanal 2. Die 0 Volt Linie bei Raster 5

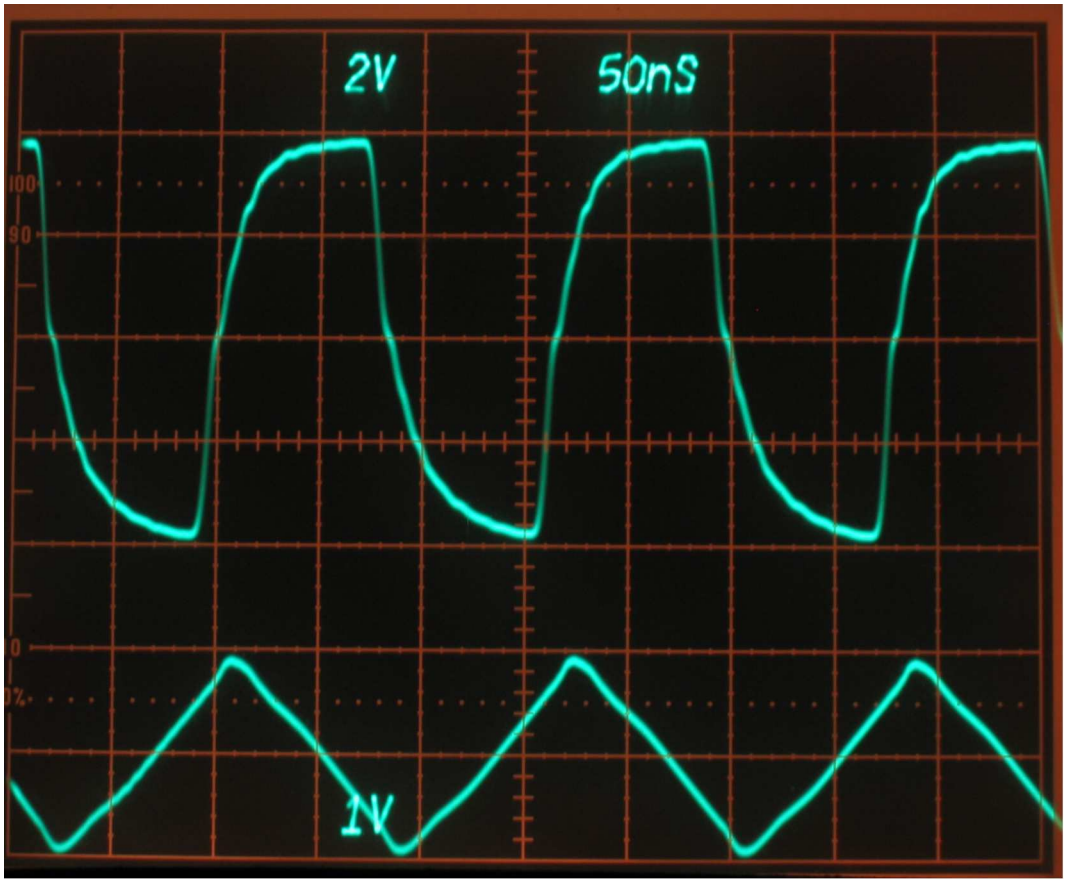
Zuerst 2N2368: Schaltpunkt der Diodenbrücke ist deutlich an der Nulllinie zu sehen.
Der negative Teil erreicht knapp -3 Volt!



2N2222A: Schaltpunkt wieder deutlich sichtbar., negativer Teil erreicht knapp –4Volt.



„N2369A“: dieser macht den besten Eindruck obwohl ich ein „schöneres“ Signal erwartet und gewünscht hätte. Die maximale Ausgangsfrequenz war auch mit diesem 2369A am höchsten(11,5 MHz).



Damit war meine (Forscher) Tätigkeit beendet und es folgt zwangsläufig eine komplette Kalibrierung des Gerätes.

Wird ein Frequenzzähler am Trigger Ausgang angeschlossen, sollte das Kabel am Zähler mit 50 Ohm terminiert werden. Bei höheren Frequenzen können Reflexionen im Koaxkabel auftreten.

Während des Abgleichs des Sinus Ausgangs konnte ich zunächst die geforderte Spannung nicht erreichen. Der Abgleich Trimmer C450-11MHz Amplitude- hatte auf manchen Stellungen Plattenschluss und wurde durch einen Keramiktrimmer aus der Teilekiste ersetzt

Der ganze Abgleich ist recht einfach. Leider verfüge ich nicht über einen Spektrum Analysator. So blieb die Frage nach Oberwellendämpfung offen. Man stellt eben auf optimale Form ein!

So sieht nun in der Praxis alles etwas anders aus als die Theorie im Tek Manual uns sagen will. Über die kleinen „Haken“ beim überschreiten der Nulllinie habe ich nachgedacht und bin zu folgenden Ergebnis gelangt: wenn die Dioden in der Brücke geschaltet werden fließt der Strom, der zuvor in den zeitbestimmenden Kondensator floss, über Q292 oder R155 ab.
Ja, und von wegen plus/minus ca. 8V an Kollektor Q292! Aber 4 Volt tun es eben auch!

Zum Schluss noch die erwähnte Kontrollleuchte: Glühlämpchen defekt. Hier setze ich eine weiße 3mm Leuchtdiode ein, diese passt genau. Zur Strombegrenzung wird ein 820 Ohm Widerstand in reihe mit der Diode an den Lötpunkt angelötet an dem vorher der Anschlussdraht der Glühbirne war.

Es hat wieder Spaß gemacht ein schönes Gerät zu reparieren.

Das nächst Projekt steht schon bereit!